

CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DE ARGAMASSAS COM INCORPORAÇÃO DE AGREGADOS RECICLADOS CERÂMICOS

J. Silva¹, J. de Brito², M.^a Rosário Veiga³

¹Mestre em Construção. Instituto Superior Técnico, Lisboa - Portugal

²Professor Associado c/ agregação. DECivil, Instituto Superior Técnico, Lisboa - Portugal

³Investigadora Principal. Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa - Portugal



RESUMO

A aplicação de materiais reciclados é uma aposta a implementar com alguma urgência no quotidiano da construção. O material aqui apresentado como reciclável é o resíduo de tijolo da indústria cerâmica e da indústria da construção, para aplicação em argamassas de reboco. O desempenho a nível mecânico de argamassas de reboco incorporando resíduo de tijolo como agregado foi testado experimentalmente e é analisado em pormenor no presente artigo.

1. INTRODUÇÃO

A reciclagem e reutilização dos RCD são consideradas como uma alternativa positiva à redução da actual política de deposição em aterro, contribuindo para a melhoria das condições do meio ambiente, para a diminuição da exploração de recursos naturais e energéticos e para a redução dos custos da construção. A avaliação da utilização de RCD no sector da construção tem sido estimulada em várias partes do mundo e muitos estudos têm sido desenvolvidos no sentido de ampliar o conhecimento sobre o comportamento destes resíduos para a produção de novos materiais (Leite, 2001).

Tendo em conta os elevados teores de materiais cerâmicos existentes na indústria da construção e na indústria cerâmica, resolveu-se estudar de que forma estes materiais contribuem para o desempenho

de novos produtos com eles produzidos e, em particular, a influência da sua incorporação em argamassas.

O entulho resultante da execução da alvenaria ou de argamassa na fase de revestimentos contém um teor variável de material cerâmico. Porém, deve observar-se que, até ao momento, não estão quantificados os limites para os quais essa variação deve ser levada em consideração, tanto em termos de variação mineralógica quanto granulométrica, para o seu emprego em argamassas da construção.

Há também o problema da contaminação do entulho que pode inviabilizar a sua reciclagem mas pode ser evitado através de técnicas racionais de construção e demolição.

As vantagens da reciclagem do entulho como agregado na confecção de argamas-

sas, no contexto do controlo tecnológico da sua produção, são:

- utilização do resíduo no próprio local;
- economia na aquisição de matéria-prima, devido à substituição de materiais convencionais pelo entulho;
- diminuição da poluição originada pelo entulho;
- preservação das reservas naturais de matéria-prima.

Após processado por equipamento de trituração (caso não tenha já uma granulometria adequada às necessidades), o entulho pode ser utilizado como agregado em argamassas de assentamento ou de revestimento.

Para uma melhor compreensão do real efeito da adição de resíduos de barro vermelho adicionados em argamassas, procedeu-se a uma análise experimental da variabilidade das características mecânicas de argamassas com distintas quantidades e granulometrias de desperdícios de barro vermelho.

2. ARGAMASSAS ENSAIADAS

Neste trabalho, a análise experimental nas argamassas foi dividida em 3 etapas, que corresponderam, respectivamente, a 3 vectores de investigação diferentes:

- etapa I - incorporação de finos - efeito *filler* (argamassa mais compacta), através do preenchimento dos vazios existentes na argamassa convencional por falta de finos;
- etapa II - redução do teor de cimento - efeito pozolânico dos finos cerâmicos, possibilitando diminuição do teor do ligante (cimento);
- etapa III - integração de resíduos de construção e demolição (RCD) - reciclagem como prioridade, desde que se mantenham características aceitáveis na argamassa com adição de agregados reciclados cerâmicos.

Paralelamente, fizeram-se também

ensaios sobre uma argamassa considerada de referência para qualquer uma das etapas, que consistiu numa argamassa corrente, ao traço 1:4 (cimento: areia), sem qualquer adição. A denominação desta argamassa de referência é variável em função da fase / etapa da campanha experimental, o que facilita a comparação directa com a argamassa de referência das propriedades de cada argamassa de cada fase / etapa, apenas pela referência à sua nomenclatura (Quadro 1):

Etapa I

- 0% de substituição - traço 1:4 - **I(0)**¹;
- 5% de substituição - traço 1:4 - **I(5)**;
- 10% de substituição - traço 1:4 - **I(10)**.

Etapa II

- 0% de substituição - traço 1:4 - **II(1:4)**²;
- 10% de substituição - traço 1:5 - **II(1:5)**;
- 10% de substituição - traço 1:6 - **II(1:6)**.

Etapa III

- 0% de substituição - traço 1:4 - **III(0)**³;
- 20% de substituição - traço 1:4 - **III(20)**;
- 50% de substituição - traço 1:4 - **III(50)**;
- 100% de substituição - traço 1:4 - **III(100)**.

3. RESISTÊNCIA À FLEXÃO E À COMPRESSÃO

3.1 Resultados obtidos

Este ensaio seguiu a norma EN 1015-11 (1999). Para cada tipo de argamassa, usou-se uma amostra de 3 provetes (prismas) previamente submetidos a uma cura de 28 dias. Testaram-se todas as argamassas referidas. Os resultados das 3 etapas são apresentados nas Figuras 1 e 2, respectivamente para a flexão e a compressão.

¹ Argamassa de referência.

² Argamassa de referência.

³ Argamassa de referência.

Quadro 1 - Resumo das argamassas utilizadas na primeira fase

1ª fase	Nomenclatura	Tipo de substituição	% de substituição	Traço
Etapa I	I(0)	só finos	0	1:4
	I(5)	só finos	5	1:4
	I(10)	só finos	10	1:4
Etapa II	II(1:4)	só finos	0	1:4
	II(1:5)	só finos	10	1:5
	II(1:6)	só finos	10	1:6
Etapa III	III(0)	curva granulométrica total	0	1:4
	III(20)	curva granulométrica total	20	1:4
	III(50)	curva granulométrica total	50	1:4
	III(100)	curva granulométrica total	100	1:4

a) Etapa I

As adições dos finos originam argamassas com resistências à flexão e à compressão bastante superiores, com uma relação de crescimento quase linear com a taxa de incorporação dos finos.

Estes resultados podem ser justificados, segundo Angelim et al (2003), pelas menores relações água / cimento (face à argamassa de referência), pela alta compactidade das argamassas endurecidas (efeito “filler”) e pela possível integração dos finos de tijolo à pasta de cimento hidratada por ligações químicas (efeito pozolânico).

Assim, estes resultados significam um melhor comportamento das argamassas com adições de finos (5 e 10% do total), tanto à tração por flexão como à compressão.

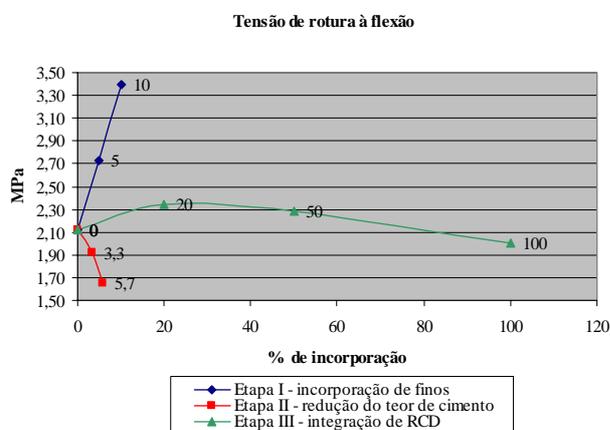


Fig 1 - Resultados do ensaio de resistência à flexão para as diferentes percentagens de incorporação estudadas e respectivas interpolações

b) Etapa II

Por seu lado, observando os resultados da Etapa II, verifica-se que, na generalidade, as resistências diminuem pela redução do traço, ainda que sejam adicionados finos. Este facto está de acordo com o estudo efectuado por Gonçalves et al (2003), no qual se demonstrou que a substituição de cimento portland por resíduo cerâmico moído resultou na diminuição da resistência para todos os teores estudados. Segundo os autores, esta redução está relacionada, essencialmente, com o facto de o resíduo cerâmico não ter muita reactividade pozolânica, tal como acontece com o pó de tijolo em causa, como demonstrado num teste de pozolanicidade.

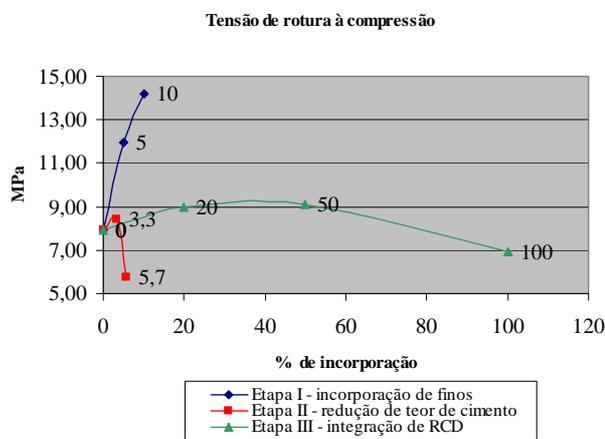


Fig 2 - Resultados do ensaio de resistência à compressão para as diferentes percentagens de incorporação estudadas e respectivas interpolações

Existe, no entanto, uma excepção nestes resultados: a argamassa com traço 1:5 tem ligeiramente mais resistência à compressão do que a argamassa de referência, sem qualquer adição. Tal pode ser explicado, segundo Gonçalves et al (2003), pela influência dos finos de tijolo no aumento da compacidade da argamassa, já que a adição de pó de tijolo é maior do que a quantidade de cimento reduzida, pelo que a argamassa II(1:5) apresenta mais finos que a II(1:4).

c) Etapa III

Por fim, em relação à Etapa III, verifica-se que as resistências à flexão e compressão crescem à medida que se substitui a areia por resíduos de tijolo até cerca de 20 e 40% de substituição, respectivamente. Para substituições de quantidades superiores, ambas as resistências decrescem.

Este último decréscimo está de acordo com Dillman (1998), que refere que estas adições de reciclados podem influenciar negativamente a resistência, nomeadamente à compressão.

Em contrapartida, o acréscimo inicial pode dever-se à combinação do (ainda que reduzido) efeito pozolânico destes finos cerâmicos com o próprio efeito “filler”, ainda que a quantidade de muito finos cerâmicos introduzidos seja apenas muito ligeiramente superior à existente na areia substituída.

Outra possibilidade é a pozolanidade poder dar-se também para partículas menos finas, se o material tiver essa capacidade reactiva. A maior finura por si só e a consequente maior superfície específica aumentam o potencial reactivo.

Assim, para o mesmo material, a reactividade pozolânica aumenta com a maior finura. Para materiais diferentes, essa relação já não é válida, ou seja, há materiais mais “grossos” com maior reactividade pozolânica do que outros até aparentemente semelhantes (mas não iguais) mais finos. Existe, deste modo, uma hipotética reacção de pozolanidade por parte dos agregados não denominados, neste trabalho, como finos, isto é, para agregados cerâmicos com granulometria superior a 0,150 mm. Argamassas romanas, por exem-

plo, tinham agregados bastante grossos com reacções pozolânicas.

Por outro lado, é possível que haja ainda outras ligações químicas (além da pozolanidade) e físicas (adsorção, forma, rugosidade, etc.) entre os materiais a contribuir para este melhoramento das resistências.

No caso da resistência à flexão, por exemplo, algum efeito de pregagem da pasta de cimento nos agregados (devido à sua maior porosidade e angulosidade) é uma justificação plausível. No entanto, este facto não pode explicar, por razões óbvias, o melhor comportamento à compressão.

Conclui-se que apenas a argamassa III(100) apresenta valores de resistência menos aceitáveis, uma vez que são inferiores aos apresentados pela argamassa de referência, sem qualquer substituição, (III(0)).

3.2 Comparação com resultados obtidos por outros autores

a) Etapa I

Face aos resultados apresentados na Figura 3, verifica-se que os finos adicionados na presente campanha permitiram obter muito melhores resultados na resistência à flexão do que qualquer um dos tipos de finos adicionados por Angelim et al (2003).

De entre os resultados apresentados por este autor, apenas os finos de calcário induzem alguma melhoria nas argamassas face às argamassas convencionais (sem adições de finos). Por outro lado, mesmo em relação à adição de pó de calcário, os resultados agora obtidos, com introdução de finos cerâmicos de barro vermelho (cerâmico), apresentaram incrementos bastante mais significativos na resistência à tracção (por flexão) das argamassas.

Em relação à resistência à compressão (Figura 4), também os resultados da adição de pó cerâmico de barro vermelho se apresentam claramente mais favoráveis às argamassas do que aqueles apresentados por Angelim et al (2003), onde são adicionados outros tipos de finos.

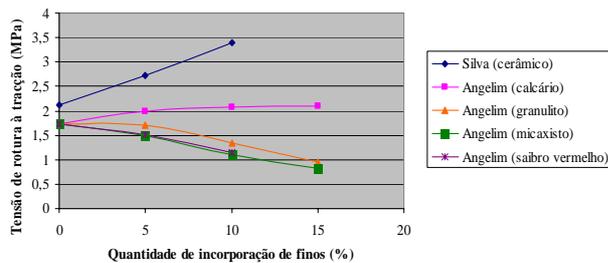


Fig 3 - Resultados interpolados da resistência à flexão aos 28 dias, para cada tipo de pó adicionado, confrontando-se os resultados obtidos (Silva (cerâmico)) com o estudo de Angelim et al, 2003 (calcário, granulite, mica-xisto e saibro vermelho)

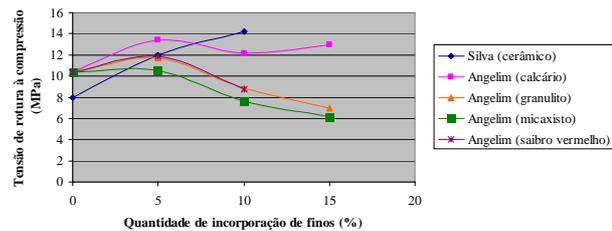


Fig 4 - Resultados interpolados da resistência à compressão aos 28 dias, para cada tipo de pó adicionado, confrontando-se os resultados obtidos (Silva (cerâmico)) com o estudo de Angelim et al, 2003 (calcário, granulite, mica-xisto e saibro vermelho)

No entanto, ao contrário do que acontece com os resultados do ensaio à flexão, todas as argamassas apresentam incrementos na resistência à compressão para a incorporação de 5% de finos (face à argamassa convencional). A melhoria de 5 para 10% de incorporação apenas se verifica para a adição de cerâmicos de barro vermelho, na presente campanha.

Assim, conclui-se que, de entre todos os finos analisados, o pó de tijolo de barro vermelho é notoriamente o que proporciona às argamassas melhores desempenhos de resistências à flexão e compressão.

Estes resultados comparativos parecem reforçar a hipótese de algum efeito pozolânico do pó de tijolo (que não se verifica para os restantes tipos de finos estudados pelos outros autores analisados).

Em relação ao estudo experimental levado a cabo por Almeida (2004), resultou num acréscimo de resistência com um máximo aos 5% de incorporação de finos.

b) Etapa II

No estudo levado a cabo por Sousa et al (2004), foram determinadas as tensões de rotura à flexão e à compressão, pelo que são também aqui comparadas com os resultados obtidos na presente campanha. Os resultados apresentados são adimensionais, uma vez que os valores são todos divididos pelos correspondentes na respectiva argamassa de referência. Na presente análise, os resultados são apresentados

como percentagem de substituição e não como traço.

Na Figura 5, verifica-se que a substituição de cimento por pó de tijolo é a que diminui mais acentuadamente a tensão de rotura à flexão. Pelo contrário, no caso da substituição de cimento por sílica de fumo, a tensão de rotura da argamassa aumenta.

Em relação à tensão de rotura à compressão, observando a Figura 6, onde se apresentam também os resultados de Gonçalves et al (2003), verifica-se que apenas a sílica de fumo aumenta claramente a resistência da argamassa quando substitui o cimento. Em relação aos outros dois materiais (pó de tijolo e cinza de casca de arroz), parecem provocar um pequeno aumento da resistência de rotura das argamassas até certo ponto (excepto no estudo de Gonçalves et al (2003), onde a resistência diminui sempre, à medida que se substitui o cimento por pó de tijolo), mas acabam por diminuir a resistência face à argamassa de referência, a partir de determinados valores de substituição (3,5 e 10%, respectivamente para pó de tijolo e cinza de casca de arroz).

Deste modo, pressupõe-se que, como seria de esperar, apenas materiais com reactividades pozolánicas bastante elevadas (como é o caso da sílica de fumo) induzem valores mais elevados de resistência nas argamassas quando substituem o cimento nas mesmas.

c) Etapa III

Evangelista e Brito (2005), quando substituíram a areia por agregados finos reciclados de betão para fazer betão, obtiveram resultados semelhantes aos agora obtidos, ou seja, uma evolução positiva para taxas de substituição baixas e, depois, uma evolução negativa. Uma possível explicação para isso é, segundo estes autores, a hidratação de cimento dos finos de betão reciclados, anteriormente (aquando

da sua utilização para o betão inicial) não hidratado, obviamente não aplicável ao caso presente.

Adimensionalmente (através da divisão de cada valor pelo respectivo valor de referência - da argamassa / betão convencional), compararam-se os resultados agora obtidos com os de Evangelista e Brito (2005) e com os de Rosa (2002).

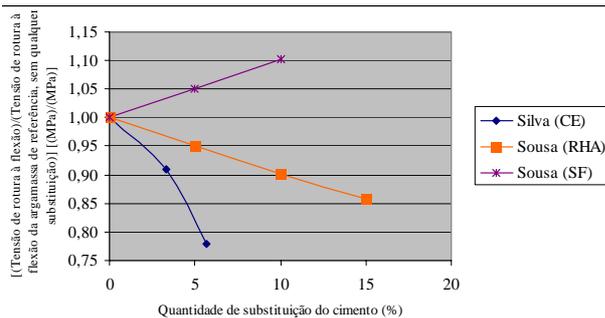


Fig 5 - Resultados interpolados da tensão de rotura à flexão dos provetes de argamassa, aos 28 dias, para cada tipo de finos adicionados (divididos pela tensão de rotura à flexão da respectiva argamassa de referência), confrontando-se os resultados obtidos (Silva (CE)) com o estudo de Sousa et al (2004) (cinza de casca de arroz (RHA) e sílica de fumo (SF))

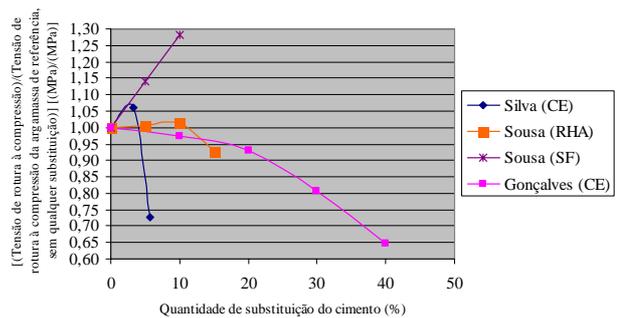


Fig 6 - Resultados interpolados da tensão de rotura à compressão dos provetes de argamassa, aos 28 dias, para cada tipo de finos adicionados (divididos pela tensão de rotura à compressão da respectiva argamassa de referência), confrontando-se os resultados obtidos (Silva (CE)) com estudos de Sousa et al (2004) (cinza de casca de arroz (RHA) e sílica de fumo (SF)) e de Gonçalves et al (2003) (resíduo cerâmico em pó (CE))

Na Figura 7, Silva e Rosa obtiveram uma tendência decrescente na resistência à tracção por flexão, a partir de determinado valor de substituição de agregados (30 e 0%, respectivamente). Por outro lado, Evangelista obteve valores de resistência bastante aproximados uns dos outros, tanto para valores reduzidos como para valores elevados de substituição de agregados.

Em relação à resistência à compressão (Figura 8), os resultados mantêm, em geral, uma

resistência relativamente similar para todos os diferentes valores de substituição, incluindo o betão / argamassa convencional (0% de substituição); existe, no entanto, uma excepção: os resultados de Rosa (2002), que apresentam uma tendência de diminuição bastante significativa em relação à resistência à compressão dos betões à medida que se substituem os agregados convencionais por agregados cerâmicos.

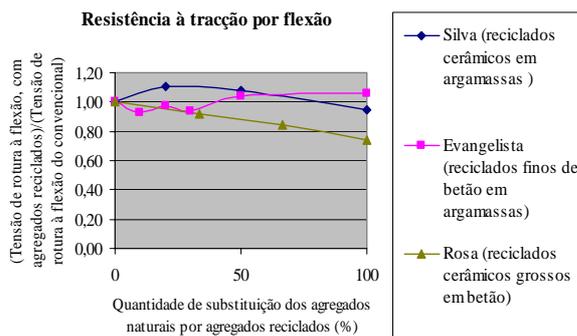


Fig 7 - Comparação dos resultados obtidos para a tensão de

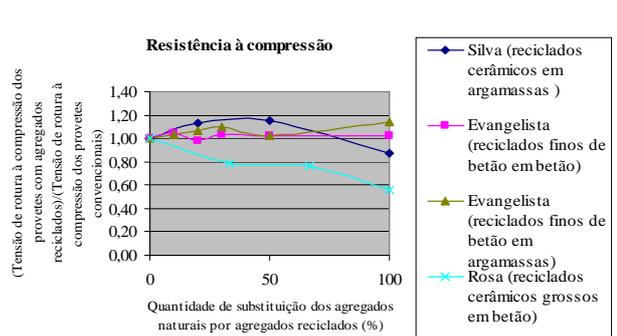


Fig 8 - Comparação dos resultados obtidos para a tensão de

rotura à flexão, aos 28 dias (divididos pela tensão de rotura da respectiva argamassa / betão de referência) com os de Evangelista e Brito (2005) e de Rosa (2002)

4. ADERÊNCIA AO SUPORTE

Este ensaio seguiu a norma EN 1015-12 (2000). Para cada tipo de argamassa, usou-se 3 provetes, cada um consistindo na aplicação de argamassa numa face de um tijolo, submetida a uma cura de 28 dias. Neste ensaio, foram apenas ensaiadas as argamassas I(10), II(1:6), III(50) e a de referência. Os resultados são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Resultados do ensaio de aderência ao suporte segundo a EN 1015-12 (2000)

Argamassa	I(0)/II(1:4)/III(0)	I(10)	II(1:6)	III(50)
Aderência (MPa)	0,34	0,43	0,38	0,40

4.1 Resultados obtidos

a) Etapa I

Em relação à Etapa I, apesar de Amorim e Ferreira (2003) verificarem que a resistência de aderência decresce com a introdução de finos, também esta é uma propriedade francamente melhorada nesta fase experimental pela introdução dos finos. De facto, a introdução de 10% de finos de tijolo como substitutos da areia melhora a resistência de aderência (em cerca de 30%) da argamassa face à de referência.

b) Etapa II

Quanto à Etapa II, também os resultados de resistência de aderência ao suporte são incrementados na argamassa II(1:6) em relação à de referência (II(1:4)). Inversamente ao que acontece em Silva et al (1999), as resistências de aderência maiores (melhor desempenho) são as da argamassa com adição de finos e redução do teor de cimento, ainda que a diferença não seja muito significativa (cerca de 11%).

Conclui-se, então, que a redução de cimento em causa não é suficiente para

rotura à compressão, aos 28 dias (dividida pela tensão de rotura à compressão da respectiva argamassa / betão de referência) com os de Evangelista e Brito (2005) e de Rosa (2002)

Quadro 3 - Resultados do ensaio de módulo de elasticidade segundo a NF B10-511F (1975), aos 2 meses de idade

Argamassa	I(0)/II(1:4)/III(0)	I(10)	II(1:6)	III(50)
Módulo de elasticidade (GPa)	14,6	12,2	11,9	8,7

anular o efeito positivo de aderência ao suporte proporcionado pela quantidade e qualidade da adição de pó de tijolo aqui estudada.

c) Etapa III

Também em relação a esta característica se obtêm melhores desempenhos da argamassa com substituição da areia por resíduos de tijolo até um valor limite. Tal pode ser justificado da mesma forma que os aumentos das outras resistências (flexão e compressão), isto é, devido à combinação do (ainda que reduzido) efeito pozolânico destes finos cerâmicos com o próprio efeito “filler”, se bem que a quantidade de muito finos de cerâmico introduzidos seja apenas muito ligeiramente superior à existente na areia substituída.

Além disso, o efeito de pregagem, que ainda mais sentido faz neste caso face à resistência à flexão, é uma justificação bastante plausível, preenchendo, deste modo, alguns poros que antes seriam propícios a ser ocupados por água.

5. MÓDULO DE ELASTICIDADE

Este ensaio seguiu a norma francesa NF B10-511F (1975). Para cada tipo de argamassa, usou-se 3 provetes prismáticos, previamente submetidos a um processo de cura, tendo os ensaios sido realizados aos 2 meses de idade. Foram apenas testadas as argamassas I(10), II(1:6), III(50) e a de referência. Os resultados são apresentados no Quadro 3.

5.1 Resultados obtidos

a) Etapa I

Verifica-se um ligeiro decréscimo do valor do módulo de elasticidade de I(0) para I(10). Tal pode dever-se à não existência de muita diferença entre eles, já que a incorporação se resume apenas a 10% do peso total de agregado, embora se verifique uma tendência para a redução do módulo de elasticidade com a incorporação de finos cerâmicos de barro vermelho.

b) Etapa II

Verifica-se que existe uma diminuição do módulo de elasticidade de II(1:4) para II(1:6) em cerca de 18%.

Esta característica está directamente relacionada com a fissurabilidade da argamassa, uma vez que um módulo de elasticidade mais baixo permite deformações superiores com menores tensões internas, ou seja, com menor risco sem problemas de rotura.

Assim, um módulo de elasticidade menos elevado é positivo para a argamassa, pelo que também nesta característica se conclui um melhoramento de performance da argamassa com redução do teor de cimento e incorporação de pó de tijolo face à argamassa de referência (II(1:4)).

c) Etapa III

Os valores do módulo de elasticidade obtidos são substancialmente inferiores para a argamassa na qual é parcialmente substituída a areia por resíduos de tijolo. A argamassa III(50) apresenta uma diminuição de cerca de 40% em relação à argamassa de referência, a III(0).

Estes resultados coincidem com a conclusão obtida por Mellman (1999), que refere que o módulo de elasticidade tende a ser inferior com a inclusão de agregados reciclados, comparativamente aos naturais.

Esta referência acrescenta ainda que é mais notável a diferença se os agregados reciclados forem derivados de alvenaria, em que a argamassa que os incorpora apresenta módulo de elasticidade 10 a 30% inferior.

5.2 Comparação com resultados obtidos

por outros autores

a) Etapa III

Adimensionalmente (através da divisão de cada valor pelo respectivo valor de referência - da argamassa / betão convencional) compararam-se os resultados obtidos (Silva) com os de Evangelista e Brito (2005).

Na Figura 9, verifica-se que, para todos os estudos aqui apresentados, existe uma clara tendência para uma diminuição (de uma forma proporcional) do módulo de elasticidade à medida que se substituem os agregados convencionais por reciclados, mais acentuada nos agregados cerâmicos do que nos de betão em face da menor rigidez dos primeiros.

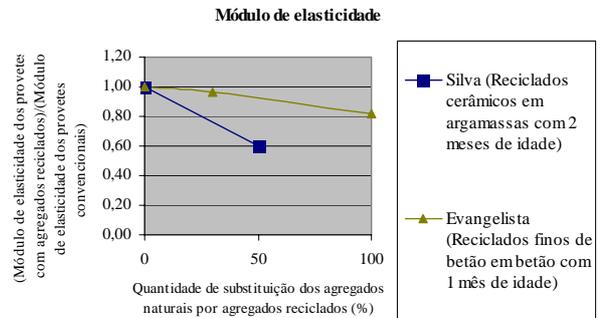


Fig 9 - Comparação dos resultados obtidos para o módulo de elasticidade (dividido pelo módulo de elasticidade da respectiva argamassa / betão de referência) com os de Evangelista e Brito (2005)

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo procura determinar as características mecânicas de argamassas com incorporação de resíduos de barro vermelho, com 3 vertentes distintas.

Quanto à incorporação de finos cerâmicos reciclados, verificou-se que o barro vermelho confere às argamassas cimentícias excelentes propriedades, com melhoramento das resistências mecânicas aqui analisadas, e uma diminuição ligeira do módulo de elasticidade, ambos factores positivos.

Para a incorporação de finos reciclados com simultânea redução do cimento, as resistências de tracção por flexão, compressão e aderência parecem ter sido afectadas negativamente aquando da redução do teor de

cimento, apresentando, no entanto, valores aceitáveis para argamassas de reboco.

Por fim, em relação à vertente reciclagem, que consiste na substituição da areia por resíduos com uma curva granulométrica idêntica, obteve-se também resultados bastante satisfatórios face às expectativas. Apenas a argamassa com substituição total da areia por resíduos cerâmicos (I(100)) apresentou performances pouco aceitáveis para uma argamassa de revestimento, piorando a maior parte das características analisadas face à argamassa convencional. Por outro lado, tanto a substituição de 20 como a de 50% da areia resultaram em argamassas com desempenhos bastante bons, nomeadamente melhores do que os da argamassa convencional (de referência).

7. REFERÊNCIAS

- Almeida, Nuno Gonçalo Cordeiro Marques de, “Reutilização de lamas de tratamento de rochas ornamentais em betões”, Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2004.
- Amorim, L. V.; Lira, H. L.; Ferreira, H. C.; “Use of residential construction waste and residues from red ceramic industry in alternative mortars”, *Journal of Environmental Engineering*, ASCE, October 2003.
- Angelim, Renato R.; Angelim, Susane C. M.; Carasek, Helena; “Influência da adição de finos calcários, siliciosos e argilosos nas propriedades das argamassas e dos revestimentos”, V Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas (SBTA), Junho de 2003.
- Dillman, R.; “Concrete with recycled aggregate”, International symposium: “Use of recycled concrete aggregate”, Concrete Technology Unit, University of Dundee, Scotland, November 1998, Thomas Telford Books, 1998.
- EN 1015-11, European Standard, “Methods of test for mortar for masonry - Part 11: Determination of flexural and compressive strength of hardened mortar”, English European Committee for Standardization (CEN), August 1999.
- EN 1015-12, European Standard, “Methods of test for mortar for masonry - Part 12: Determination of adhesive strength of hardened rendering and plastering mortars on substrates”, European Committee for Standardization (CEN), February 2000.
- Evangelista, Luís; Brito, Jorge de; “Betão com agregados finos reciclados de betão”, Relatório ICIST-DTC n° 5/05, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2005.
- Gonçalves, Jardel P.; Lima, Paulo R. L.; Toledo Filho, Romildo D.; Fairbairn, Eduardo M. R.; “Penetração de água em argamassas de argila calcinada-cimento portland”, V Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas (SBTA), Junho de 2003.
- Leite, Mônica Batista, “Avaliação de propriedades mecânicas de concretos produzidos com agregados reciclados de resíduos de construção e demolição”, Tese de Doutorado, Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.
- Mellman, G.; Meinhold, U.; Maultzsch, M.; “Processed concrete rubble for the reuse as aggregates”, International Symposium “Exploiting wastes in concrete”, University of Dundee, Scotland, September 1999, Thomas Telford Books, 1999.
- NF B 10-511, Norme Française Homologué, “Mesure du module d'élasticité dynamique”, Association Française de Normalisation (AFNOR), Avril 1975.
- Rosa, Ana Sofia Pereira, “Utilização de agregados grossos cerâmicos reciclados na produção de betão”, Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico, Lisboa, 2002.
- Silva, João, “Incorporação de resíduos de barro vermelho em argamassas cimentícias”, Dissertação de Mestrado em Construção, Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa, 2006.
- Silva, Vanessa S.; Libório, Jefferson B. L.; Silva, Crislene R.; “Argamassas de revestimento com o emprego de pozolana de argila calcinada”, III Simpósio Brasileiro de Tecnologia de Argamassas (SBTA), Abril de 1999.
- Sousa, B. N.; Silva, N. D.; Coutinho, J. S.; “Argamassas com substituição parcial do cimento portland por cinza de casca de arroz portuguesa”, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2004.

